

Fasies Mudflat pada Formasi Nanggulan Bagian Bawah, Pegunungan Kulon Progo, Yogyakarta, Indonesia

Mudflat facies in the lower part of Nanggulan Formation, Kulon Progo Mountain, Yogyakarta, Indonesia

Siti Nur'aini^{1*}, Waskita Murti B. Y.²

^{1*} Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

² PT. Supreme Nikel Indonesia

*Email Korespondensi : siti.nuraini@itny.ac.id

Email : waskitabambambang@gmail.com

ABSTRAK

Tipe fasies mudflat umumnya diinterpretasikan sebagai batulempung gampingan berlapis paralel bersudut horisontal, berada dekat garis pantai. Namun demikian, mekanika arus dan sistem penyaluran justru banyak dijumpai pada sisipannya dalam litologi batupasir berbutir sangat halus, halus sampai menengah. Penelitian ini akan mempelajari tipe fasies mudflat Formasi Nanggulan dengan sisipan litologi batupasir halus sampai sangat halus dan batu gamping kalsilitit. Metode yang digunakan pembuatan penampang stratigrafi vertikal batuan Formasi Nanggulan. Struktur-struktur sedimen yang dijumpai menunjukkan peran mekanika arus pasang-surut seperti heterolitik, tulang ikan, muddrape, perselingan *neap* dan *spring*, laminasi lempung ganda dan laminasi berkeriput. Ichnofosill juga bervariasi hadir pada fasies ini. Sistem penyaluran sungainya dikontrol oleh dua sumber berbeda yaitu dari daratan dan lautan yang terbentuk di zona intertidal secara bersamaan.

Kata kunci: Formasi Nanggulan, fasies mudflat, struktur sedimen.

ABSTRACT

The mudflat facies type is commonly interpreted as layered parallel limestone mudstone with horizontal bedded located near the coastline. However, the current mechanics and feeder systems are often found in its interbeds in very fine to medium-grained sandstone lithology. This study will investigate the mudflat facies type of the Nanggulan Formation with interbeds of very fine to fine-grained sandstone and calcilutite limestone lithology. The method used is to create a vertical stratigraphic sections of the Nanggulan Formation using Watupuru river. Sedimentary structures found indicate the role of tidal current mechanics such as heterolithic, herringbone, mud drapes, neap and spring interbedding, double mud lamination, and wrinkled lamination. Ichnofossils also vary in this facies. The river distribution system is controlled by two different sources, from the land and the sea, formed simultaneously in the intertidal zone.

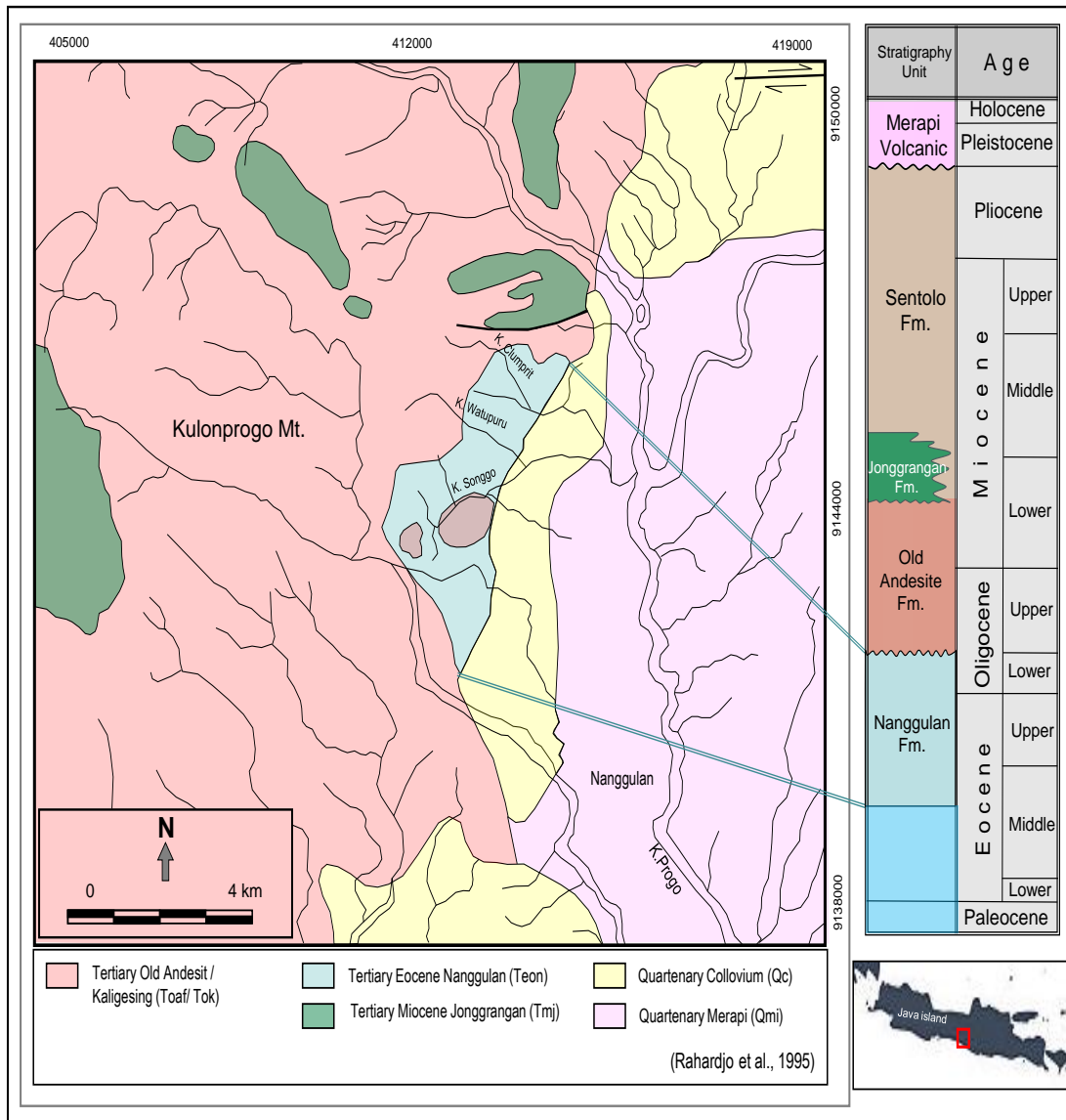
Keyword : Nanggulan Formation, mudflat facies, sedimentary struktur

PENDAHULUAN

Formasi Nanggulan yang berumur Eosen Tengah sampai Oligosen Bawah telah menjadi objek studi sedimentologi yang menarik untuk dipelajari **Error! Reference source not found.**; [2] dan **Error! Reference source not found.**. Wilayah penyebaran batuan Formasi Nanggulan ini juga terbatas hanya di sisi timur lereng dari Kubah Kulon Progo **Error! Reference source not found.**; **Error! Reference source not found.**, terutama menempati wilayah barat dari pedataran Sungai Progo (Gambar 1). Fasies pengendapannya diawali dari paparan laut dangkal **Error! Reference source not found.** kemudian estuari **Error! Reference source not found.** menuju ke arah daratan terutama lingkungan intertidal dan wilayah rawa-rawa **Error! Reference source not found.**; **Error! Reference source not found.** atau bagian delta plain. Endapan hasil badai juga dijumpai dalam Formasi Nanggulan ini **Error! Reference source not found.**. Identifikasi fasies mudflat telah dikembangkan oleh peneliti terdahulu, berdasarkan karakter litologi berfraksi halus dengan ciri kontrol mekanika arus pasang-surut. Lebih jauh lagi, adanya perselingan fraksi halus dan kasar (heterolitik) dalam perlapisan dominasi batulempung bersifat paralel horisontal. Di sisi lain fasies mudflat Formasi Nanggulan memberikan variasi penciri unik sebagai lingkungan pengendapan yang dikontrol oleh arus pasang-surut. Penelitian ini akan mempelajari karakter unik fasies mudflat yang berada di bagian bawah urutan batuan Formasi Nanggulan, terutama di atas pengendapan Baji *Nummulithes* (Gambar 2).

Geologi Regional

Formasi Nanggulan telah diendapkan sejak umur Eosen Tengah (Lutetian Akhir/ P12) sampai Eosen Akhir (Priabodian/ P15) **Error! Reference source not found.** pada lingkungan neritik (laut dangkal) berdasarkan foraminifera bentonik besarnya. Peneliti sebelumnya **Error! Reference source not found.**; **Error! Reference source not found.** secara menyeluruh menyimpulkan umur Formasi Nanggulan dari Eosen Tengah sampai Oligosen Awal. Pemunculan Formasi Nanggulan ke permukaan telah dikendalikan akibat gaya berarah Tenggara **Error! Reference source not found.** sehingga menghadirkan lipatan geantiklin dengan sumbu timurlaut-baratdaya di sisi timur Pegunungan Kulon Progo. Secara tektonik, Formasi Nanggulan lebih aktif jika dibandingkan dengan Formasi *Old Andesit* yang berada di atasnya **Error! Reference source not found.**

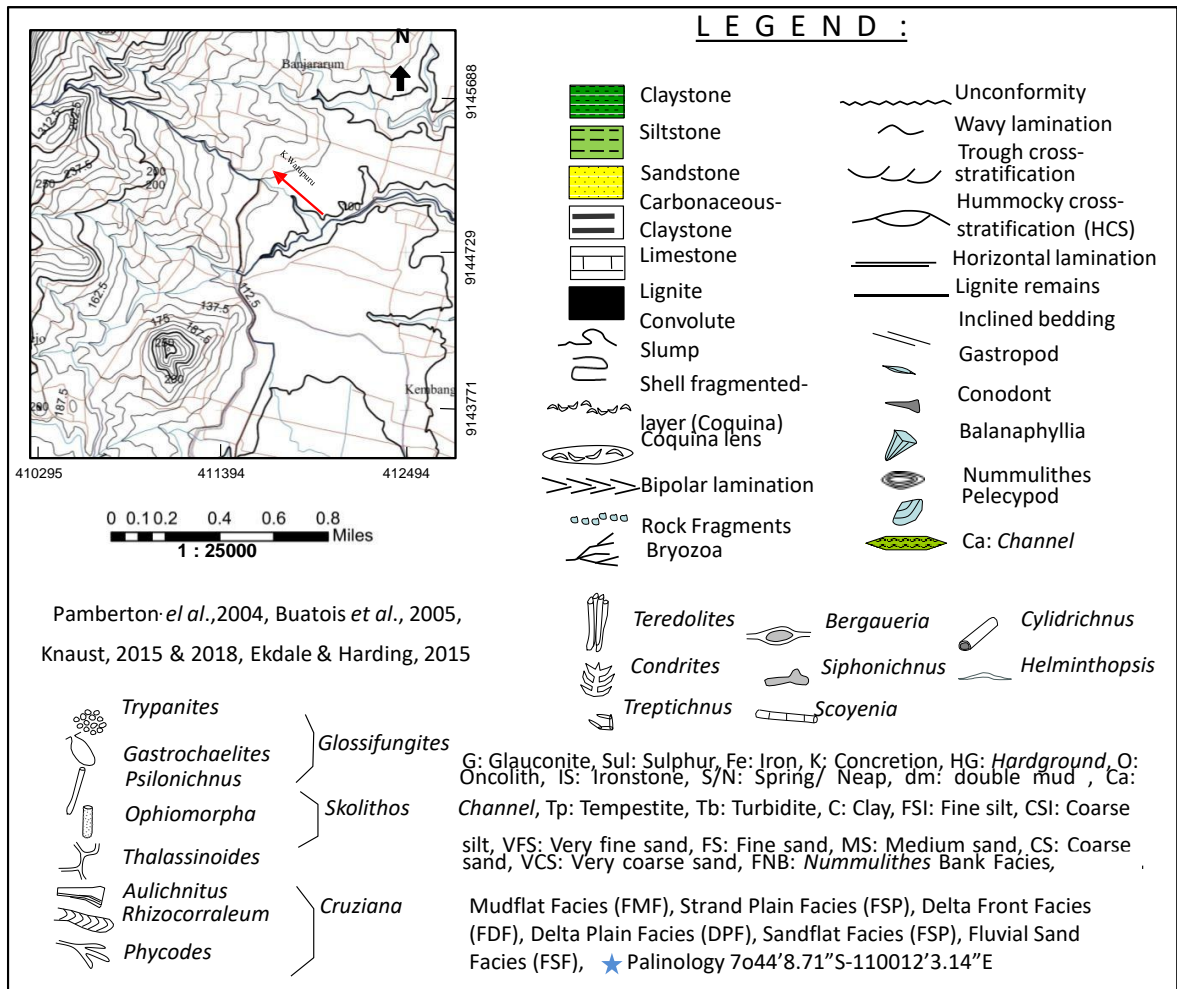


Gambar 1. Peta geologi regional penyebaran Formasi Nanggulan dan kolom stratigrafi menurut Rahardjo *et al.*(1995).

METODE PENELITIAN

Penampang stratigrafi yang melintasi Kali Watupuru telah digunakan untuk mempelajari fasies mudflat Formasi Nanggulan (Gambar 2.A dan 2.B). Arah lintasan menggambarkan arah Tenggara sebagai bagian hilir

Fasies Mudflat pada Formasi Nanggulan Bagian Bawah, Pegunungan Kulon Progo, Yogyakarta, Indonesia (Siti Nur'aini, Waskita Murti B. Y.)



Gambar 2B. Legenda kolom stratigrafi Formasi Nanggulan di Lintasan Kali Watupuru.

HASIL DAN ANALISIS

Secara stratigrafi, fasies dominasi batulempung berwarna abu-abu gelap sampai abu-abu terang, mengandung gampingan, terkadang terbelah secara konkoidal setebal 5,65 meter dengan sisipan sebagai berikut:

1. Sisipan batupasir halus sampai sangat halus berstruktur tulang ikan (herring bone).

Tebal lapisan mencapai 10-12 cm dengan warna abu-abu terang sampai kecoklatan dan kekuningan, terpilah menengah sampai baik, laminasi horizontal tipis, terkadang mengandung fragmen karbon. Arah pengendapan bertemu dan saling bertabrakan atau struktur tulang ikan (*herring bone*) (Gambar 3.A). Lapisannya memiliki ciri sebagai batupasir menengah yang mengandung klastika lempung (*mud clast*) atau pasir (*sand clast*) dan sisa-sisa cangkang yang bergradasi normal (GB). Permukaan erosi (ES) hadir memisahkan di antara dua paket perlapisan batupasir berlawanan arah. Perlapisan bagian bawah berstruktur mangkuk atau (*trough cross stratification/ TCS*) sedangkan perlapisan bagian atasnya berstruktur parallel laminasi (PL). Sementara itu *muddrape* pada ujung-ujung laminasi masih dapat pula dikenal (md) pada singkapan ini (Gambar 3.A).

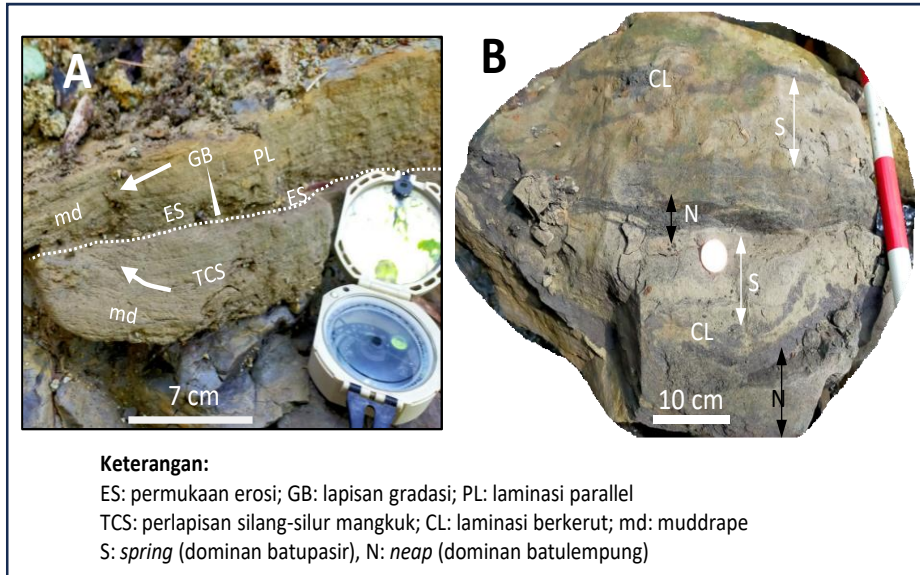
Interpretasi: sedimentasi yang dikontrol oleh arus pasang-surut.

2. Perselingan lapisan tipis pasir (“spring”) dan lempung (“neap”).

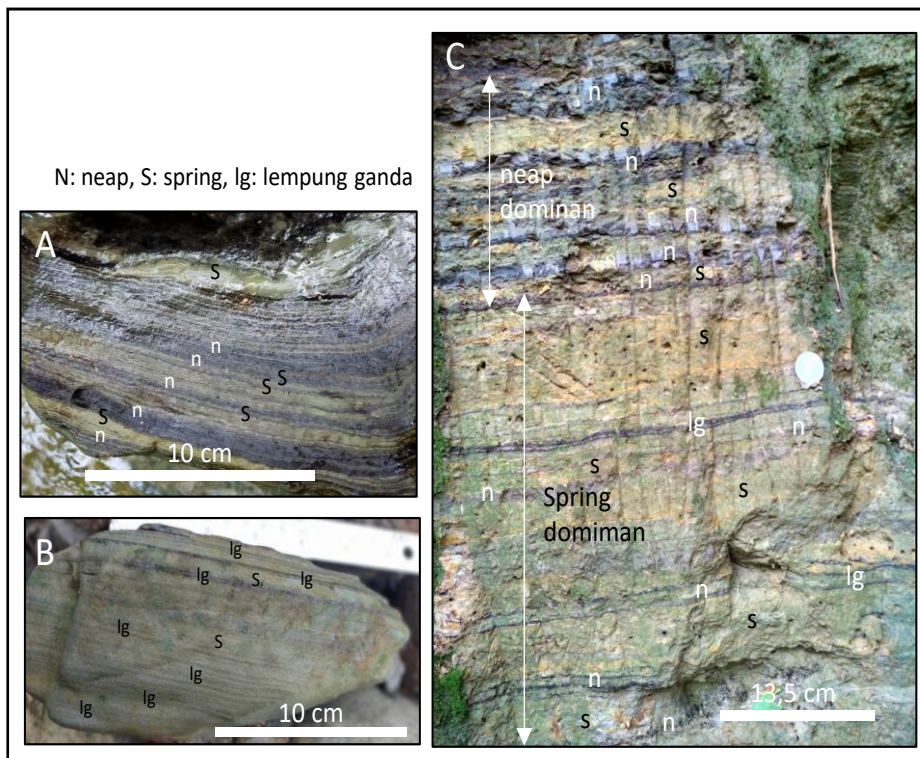
Perselingan lapisan tipis-tipis antara batupasir berwarna abu-abu kecoklatan atau kehijauan, berbutir halus sampai sangat halus, berlapis horizontal (*spring/ S*) dan lapisan batulempung hitam atau abu-abu gelap (*neap/ N*) (Gambar 4.A). Ketebalan antara kedua litologi inipun dapat dibedakan antara lapisan batupasir

spring berlapis lebih tebal daripada batulempung *neap* yang berlapis tipis-tipis (Gambar 4.C). Diantara perselingan litologi batupasir dan batulempung ini masih dapat dijumpai pula lapisan lempung ganda (*double mud layer*) (Gambar 4.B). Pada bagian lain, dijumpai lapisan keriput (*crinkled lamination/ CL*) dari batulempung abu-abu gelap atau kehitaman (Gambar 3.B).

Interpretasi : sedimentasi yang dikontrol oleh arus pasang-surut.



Gambar 3. A. Struktur tulang ikan (*herring bone*) merekam arah arus saling bertabrakan yang dipisahkan oleh bidang erosi (ES), B. laminasi keriput (CL) juga hadir pada perselingan batupasir halus abu-abu terang.

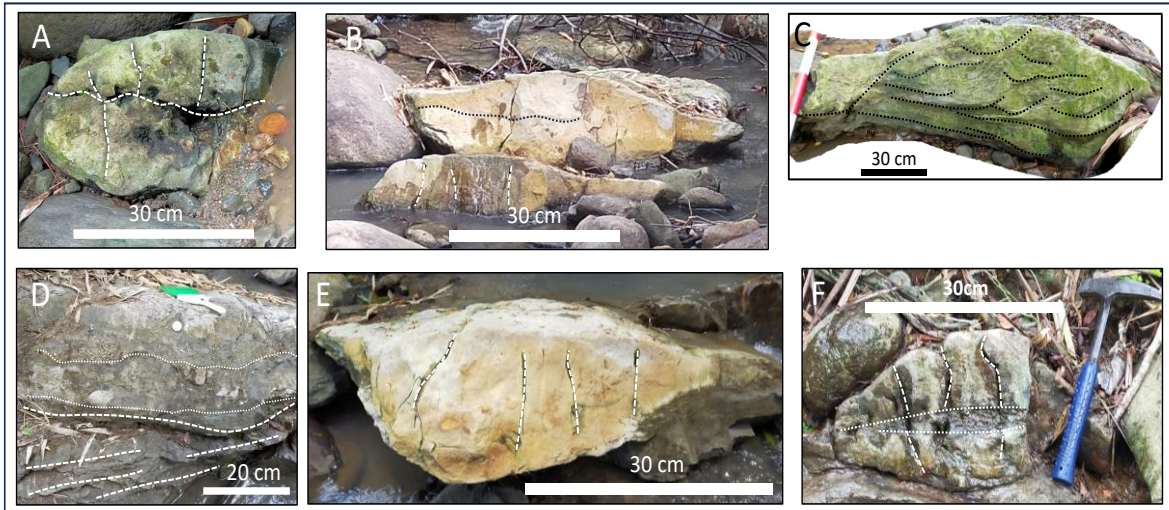


Gambar 4. A. Perselingan *neap* (n) dan *spring* (s) saat *neap* berkembang dominan, B. *Spring* lebih dominan, C. Bagian bawah lebih tebal *spring* nya daripada di bagian atas.

3. Bentuk lensa batugamping kalsilutit dan batupasir menengah sampai sangat kasar.

Bentuk lensa batugamping kalsilutit berwarna kuning terang, gampingan, sangat keras, tidak berlapis (masif) sampai berlapis secara samar, terkadang terkekarkan (Gambar 5.A, B,C dan E). Di sisi lain geometri lensa terisi oleh batupasir kasar, abu-abu gelap, terpilah buruk, keras, secara samar masih terlihat perlapisan horizontalnya (Gambar 5.D dan F). Paleocurrent sumbu saluran/ *channel* menunjukkan arah saling berpotongan yaitu N 45° E, N 100° E, N 135° E, N 240°E. Pola pengisian secara lateral atau *lateral accretion* juga dapat dilihat dalam struktur lensa batugamping kalsilutit (Gambar 5.C). Ada pula material yang mengisi saluran sebagai remukan cangkang yang halus (coquina) setebal 2-5 cm (Gambar 5.D).

Interpretasi: bagian saluran (*channel*) suatu sungai

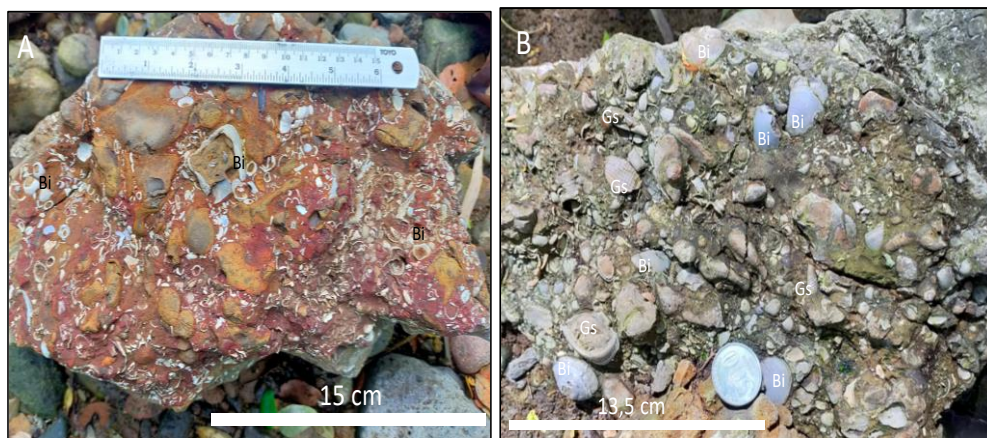


Gambar 5. Geometri lensa yang terisi oleh batugamping kalsilutit (A, B, C dan E). Sedangkan material yang bersifat klastika batupasir tertera pada D dan F.

4. Lapisan pengkerakan (hardground).

Lapisan pengkerakan (*hard ground*) mencirikan suatu lapisan yang mengkasar ke atas (gradasi terbalik), tersementasi kuat oleh oksidasi besi, dengan fragmen-fragmen menyerupai bentukan cangkang moluska, tertanam dalam pasir menengah. Kandungan warna kecoklatan dalam lapisan *hardground* berasosiasi dengan mineral ankerit (Ca (Fe, Mg, Mn) (CO₃)₂) atau *brown spar*, siderit/ karbonat besi (FeCO₃) (Gambar 6.B) dan rhodokrosit/ mangan karbonat (MnCO₃) berwarna merah muda (Gambar 6.A). Sebagian kondisi cangkang moluska (bivalve, gastropoda dan oyster) mengalami penggerusan (Gambar 6.B).

Interpretasi: pengeringan lapisan dasar laut akibat tersingkap saat *low tide* (surut).

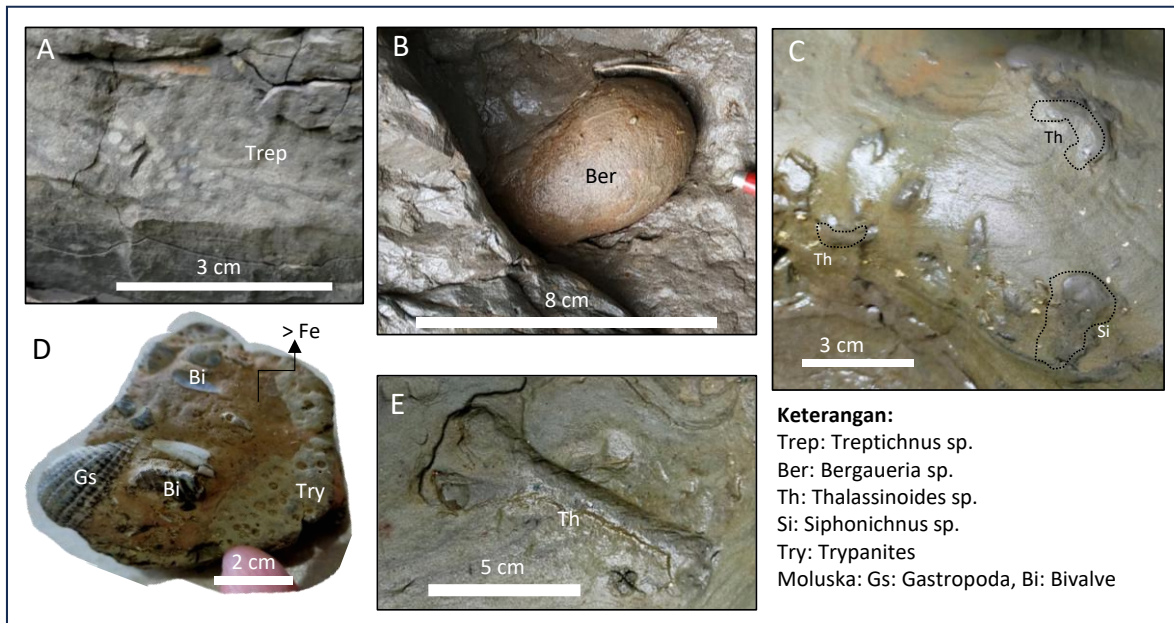


Gambar 6. A. Lapisan *hard ground* yang berasosiasi dengan mangan karbonat (MnCO₃) yang berwarna merah muda. B. *Hard ground* mengandung siderit/ *brown spar* (FeCO₃).

5. Fosil jejak (ichnofossil)

Fosil jejak (ichnofossil) telah dibuktikan hadir dalam fasies mudflat ini, seperti *Treptichnus sp.*, (*Trep*) *Bergaueria sp.* (*Ber*), *Thalassinoides sp.* (*Th*), *Siphonichnus sp.* (*Si*), dan *Trypanites sp.* (*Try*) [15] ; [16] ; [17] ; [18] (Gambar 7). Material yang mengisi lubang bekas galian berasal dari batupasir abu-abu kemudian batupasir kaya oksidasi besi seperti pada *Bergaueria sp.* dan material karbonatan yang berwarna putih terang seperti pada *Treptichnus sp.* Material karbonat pengisi lubang bekas galian dipertimbangkan berasal dari unsur gampingan (CaCO_3) yang berasal dari laut (Gambar 7.A). Pengisi lubang bekas galian yaitu batupasir kaya oksidasi besi berasal dari wilayah yang terpapar matahari (Gambar 7.B) . Kehadiran fosil jejak juga dijumpai pada lapisan *hard ground* (Gambar D), jejak *Trypanites sp.* yang muncul justru pada lapisan dasar laut yang tidak mengalami pengkerakan.

Interpretasi: lingkungan pengendapan yang menjamin tersedianya nutrisi yang cukup dengan salinitas yang normal.

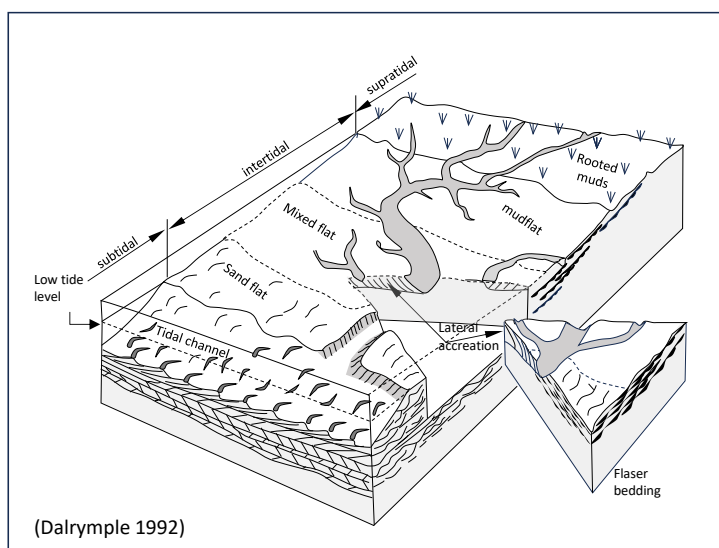


Gambar 7. Ichnofossil yang hadir pada fasies mudflat Formasi Nanggulan yaitu: A. *Treptichnus sp.*, B. *Bergaueria sp.*, C. *Siphonichnus sp.*, D. *Trypanites sp.* E. , & C *Thalassinoides sp.*

DISKUSI

Fasies mudflat Formasi Nanggulan mencirikan dominasi batulempung, abu-abu gelap, berlapis paralel horisontal kecuali yang terganggu oleh struktur perlipatan. Beberapa litologi fraksi lebih kasar (batupasir) telah merekam struktur-struktur sedimen penciri arus pasang-surut seperti hetrolitik, tulang ikan, *muddrape*, perselingan *neap* dan *spring*, laminasi lempung ganda dan laminasi berkeriput [19]. Fasies mudflat ini juga telah dilintasi oleh sungai-sungai kecil yang khas dijumpai di lingkungan pasang-surut. Penyaluran sungai-sungai kecil berasal dari lautan menghadirkan saluran/ sungai kecil terisi batuan gampingan (kalsilutit). Di sisi lain jika berasal dari wilayah daratan, maka saluran (*channel*) terisi oleh litologi batupasir kasar sampai batupasir medium. Model mudflat yang cocok diterapkan pada kasus mudflat Formasi Nanggulan berasal dari [20], dimana sungai-sungai dari dua sumber sedimennya yaitu dari daratan dan dari lautan, hadir secara bersamaan (Gambar 8).

Salinitas terpelihara dengan baik karena adanya interaksi air dari daratan dan lautan, sehingga menjamin tersedianya nutrisi bagi fauna laut dangkal. Wilayah mudflat ini sering tersingkap manakala muka laut menurun atau saat *low tide*. Proses oksidasi oleh karena terpapar sinar matahari menghadirkan lapisan pengkerakan yang kaya Fe (unsur besian). Lapisan asalnya mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) yang bereaksi dengan unsur besi (Fe) atau mangan (Mn) atau magnesium (Mg) sehingga menghadirkan mineral siderit, ankerit dan rhodosit dll.



Gambar 8. Model pengendapan mudflat pada zona intertidal yang menunjukkan sungai-sungai penyaluran yang dipengaruhi arus pasang-surut (Dalrymple *et al.*, 1992).

KESIMPULAN

Fasies mudflat Formasi Nanggulan mencirikan litologi dominan batulempung abu-abu kegelapan, gampingan, mengandung sisipan litologi batupasir halus sampai sangat halus dan batu gamping kalsilitit. Struktur-struktur sedimen yang dijumpai menunjukkan peran mekanika arus pasang-surut seperti heterolitik, tulang ikan, *muddrape*, perselingan *neap* dan *spring*, laminasi lempung ganda dan laminasi berkeriput. Ichnofosil juga bervariasi hadir pada fasies ini. Sistem penyaluran dikontrol oleh dua sumber berbeda yaitu dari daratan dan lautan yang terbentuk di zona intertidal [20].

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam studi ini yaitu Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, dan rekan-rekan yang membantu selama pekerjaan lapangan (Dimas, Agung, Alif, Bela, Lukman, Angga, Surya dll).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Smyth, H. R., Hall, R., Nichols, G. J., "Cenozoic volcanic arc history of East Java, Indonesia: The stratigraphic record of eruptions on an active continental margin," *The Geological Society of America Special Paper*, 436, 2008.
- [2] Prasetyadi, C., *Provenan Batupasir Eosen Jawa Bagian Timur*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan IAGI ke-37, 2008.
- [3] Astuti, B. S., Humantoro, R., & Hidayat, M., *Analisis Struktur Geologi Jalur Kali Watupuru dan Kali Songgo Daerah Degan Kulonprogo, dan Implikasinya terhadap Penyebaran Batupasir Kuarsa Formasi Nanggulan yang Berpotensi sebagai Reservoir*, Seminar Nasional Fakultas Teknik Geologi ke-3, 2016.
- [4] Rahardjo, W., & Sukandarrumidi, R., "Peta Geologi Lembar Yogyakarta," Jawa, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1995.
- [5] Hartono, H. G., Sudradjat, A. "Nanggulan Formation and Its Problem As a Basement in Kulonprogo Basin, Yogyakarta," *Indonesian Journal on Geoscience*, 4(2), 2017.
- [6] Renema, W., "Larger foraminifera as marine environmental indicators," *Scripta Geologica*, 124, 1-260, 2002.
- [7] Ansori, A. Z., Amijaya, D. H., *Proses Pengendapan dan Lingkungan Pengendapan Serpih Formasi Nanggulan, Kulon Progo, Yogyakarta Berdasarkan Data Batuan Inti*, In Proceeding Seminar Nasional Kebumihan (Vol. 8), 2014.
- [8] Lelono, E. B., "Zonasi polen tersier Indonesia timur," *Lembaran publikasi minyak dan gas bumi*, 41(1), 1-8, 2007.
- [9] Polhaupessy, A. A., "Polen Paleogen-Neogen dari Daerah Nanggulan dan Karangsembung Jawa Tengah," *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 19(5), 325-332, 2009.
- [10] Nuraini, S., Syafri, I., Muljana, B., Sudradjat, A., "Ichnofossil of Nanggulan Deltaic System: Case Study of Watupuru Cross Section in Kulon Progo, Central Java, Indonesia," *Indonesian Journal on Geoscience*, 11(2), 295-312, 2024.
- [11] Jatiningrum, R. S., Saputra, R., Phang, G., Sato, T., "Sedimentation Rates and Calcareous Nannofossil Biostratigraphy of the Nanggulan Formation, Kulon Progo, Indonesia," *Bulletin of the Marine Geology*, 37(1), 2022.

-
- [12] Coxall, H. K., Jones, T. D., Jones, A. P., Lunt, P., MacMillan, I., Marliyani, G. I., Pearson, P. N., "The Eocene–Oligocene transition in Nanggulan, Java: lithostratigraphy, biostratigraphy and foraminiferal stable isotopes," *Journal of the Geological Society*, 178(6), jgs 2021-006, 2021.
- [13] Widagdo, A., Pramumijoyo, S., Harijoko, A., "Kontrol Struktur Geologi terhadap Kemunculan Formasi Nanggulan di Daerah Kecamatan Nanggulan Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta," *Jurnal GEOSAPTA* Vol, 6(2), 97, 2020.
- [14] Winarti, W., Sukiyah, E., Syafri, I., & Nur, A. A., "Tectonic control of the Nanggulan formation based on morphometric analysis in Kulon Progo, Indonesia," *Indonesian Journal on Geoscience*, 9(2), 147-157, 2022.
- [15] Pemberton, S. G., MacEachern, J. A., & Gingras, M. K., "The antecedents of invertebrate ichnology in North America: The Canadian and Cincinnati schools," In *Trace Fossils* (pp. 14-31), Elsevier, 2007.
- [16] Buatois, L. A., Gingras, M. K., MacEachern, J., Mángano, M. G., Zonneveld, J. P., Pemberton, S. G., Martin, A., "Colonization of brackish-water systems through time: evidence from the trace-fossil record," *Palaios*, 20(4), 321-347, 2005.
- [17] Knaust, D., "Siphonichnidae (new ichnofamily) attributed to the burrowing activity of bivalves: Ichnotaxonomy, behaviour and palaeoenvironmental implications," *Earth-Science Reviews*, 150, 497-519, 2015.
- [18] Ekdale, A. A., & Harding, S. C., "Cylindrichnus concentricus Toots in Howard, 1966 (trace fossil) in its type locality, Upper Cretaceous, Wyoming," In *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, vol. 85, no. 3, pp. 427-432, 2015.
- [19] Shanmugam, G., Poffenberger, M., Toro Alava, J., "Tide-dominated estuarine facies in the Hollin and Napo (" T" and " U") formations (Cretaceous), Sacha field, Oriente basin, Ecuador," *AAPG bulletin*, 84(5), 652-682, 2000.
- [20] Dalrymple, R. W., Zaitlin, B. A., Boyd, R., "Estuarine facies models; conceptual basis and stratigraphic implications," *Journal of Sedimentary Research*, 62(6), 1130-1146, 1992.